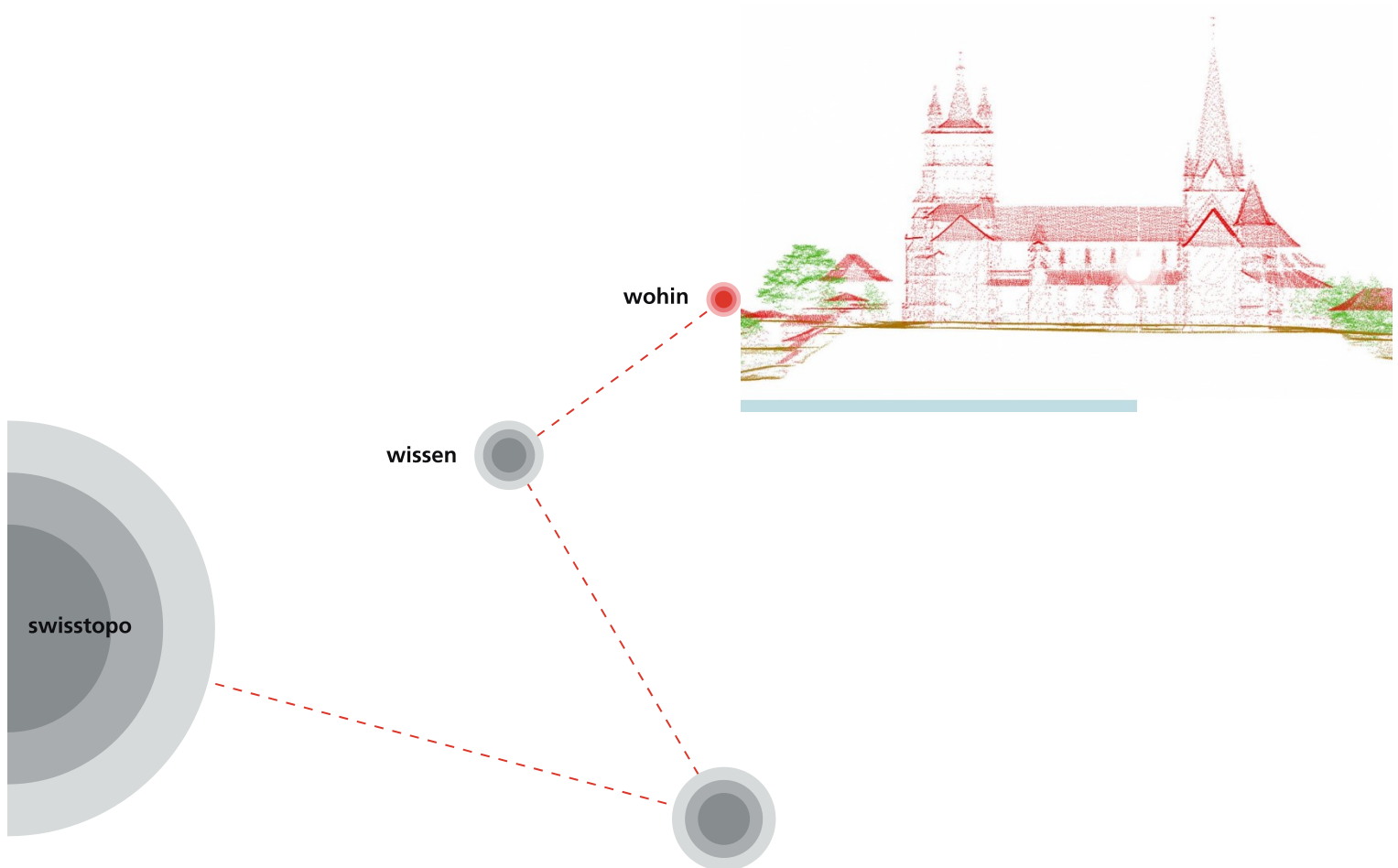


swissSURFACE^{3D}

Die klassifizierte Punktwolke der Schweiz



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Office fédéral de topographie swisstopo
Ufficio federale di topografia swisstopo
Uffizi federal da topografia swisstopo

www.swisstopo.ch

Inhaltsverzeichnis

1	swissSURFACE ^{3D}	3
1.1	Kurzbeschreibung	3
1.2	Dateninhalt und Datenmodell	3
1.3	Perimeter	3
1.4	Planung	4
1.5	Qualität und Genauigkeit	4
1.6	Klassifizierung	5
1.7	Datenformate	5
1.8	Punktdichte und Datenvolumen	6
1.9	Koordinatensystem	6
1.10	Metadaten	6
1.11	Einsatzbereiche	6
2	Datenbezug	7
2.1	Bezug und Auskunft	7
2.2	Preis	7
2.3	Nutzungsbedingungen	7
2.4	Lieferung	7
3	Produktion	8
3.1	Ausgangslage	8
3.2	LiDAR-Datenbeschaffung	8
3.3	Qualitätskontrolle	8
3.4	Nachführung	9
3.5	Einschränkungen bei der Herstellung von swissSURFACE ^{3D}	9

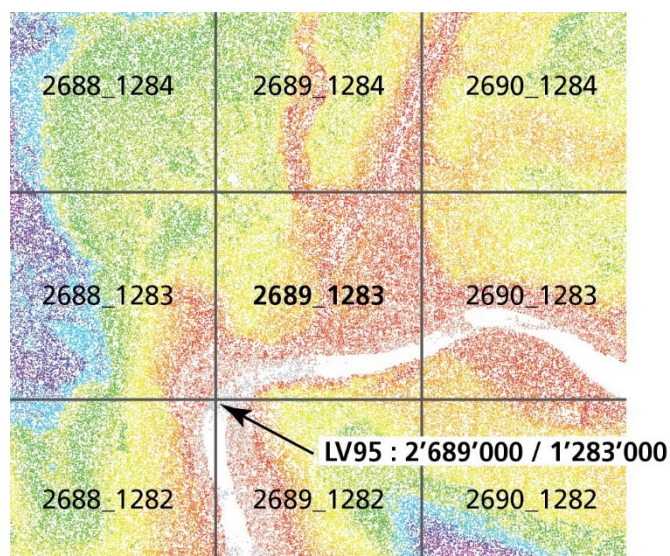
1 swissSURFACE^{3D}

1.1 Kurzbeschreibung

swissSURFACE^{3D} beschreibt die Oberfläche der Schweiz mit allen natürlichen und künstlichen Elementen in Form einer klassifizierten Punktwolke. Die mit einem airborneLiDAR erhobenen Daten zeichnen sich durch eine hohe Punktdichte und Genauigkeit aus.

1.2 Dateninhalt und Datenmodell

swissSURFACE^{3D} besteht aus airborne LiDAR-Daten und enthält mehrere Millionen Punkte pro km². Mit diesen unregelmässig angeordneten Punkten im Raum lässt sich die Erdoberfläche dreidimensional und mit einer hohen Punktdichte modellieren. Jeder Messpunkt besitzt einen exakten X-, Y-, Z-Positionswert und wird einer vordefinierten Klasse zugewiesen. Diese Klassifizierung beschreibt die Art des Objekts. All diese Messungen fügen sich als Punktwolke zusammen und sind dann in Kacheln von 1 km² aufgeteilt. Jede Kachel ist mit einem Identifikator versehen, der den Kilometerkoordinaten des südwestlichen Kachelecks im Bezugsrahmen LV95 entspricht.



Die Kacheln von swissSURFACE^{3D} mit ihren Identifikationsnummern

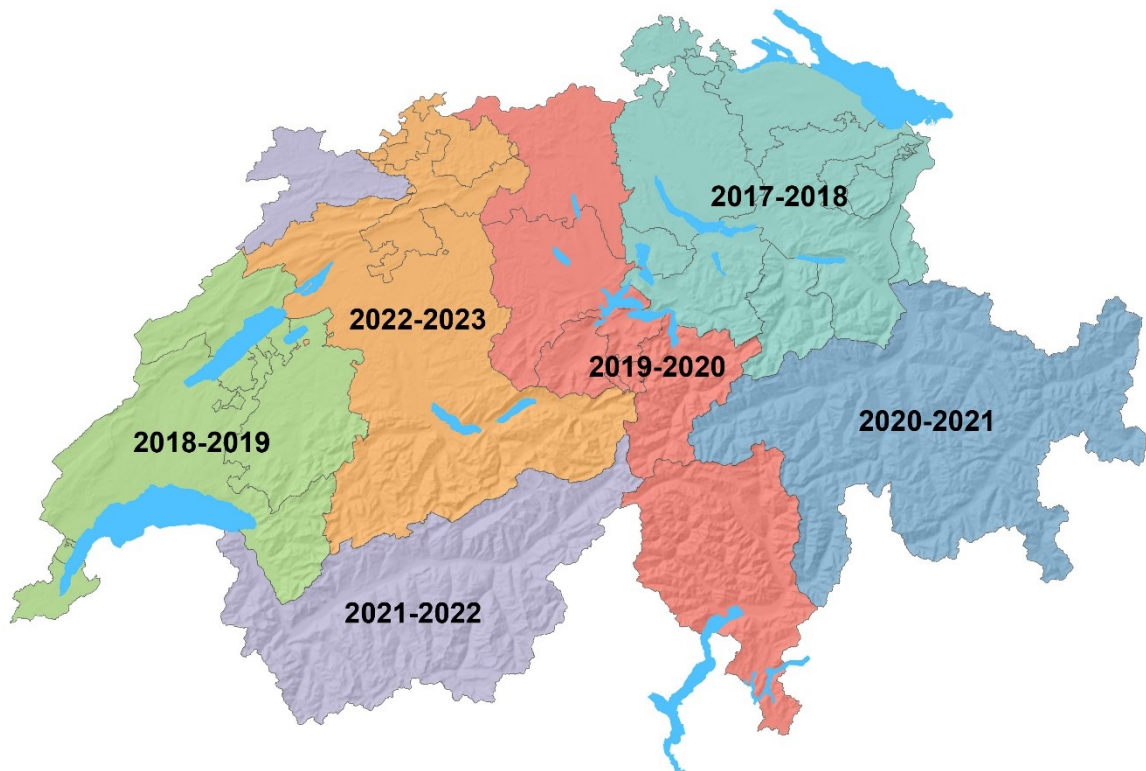
1.3 Perimeter

Die vollständige Erfassung von swissSURFACE^{3D} ist für Ende 2023 geplant. Sie wird das gesamte Gebiet der Schweiz und Liechtensteins abdecken. Kacheln, die komplett innerhalb einer Seefläche liegen, enthalten keine Daten.

Die **aktuelle Datenverfügbarkeit** ist auf map.geo.admin.ch in der Ebene « [Einteilung swissSURFACE^{3D}](#) » publiziert.

1.4 Planung

Die Datenerhebung für swissSURFACE^{3D} ist in sechs Etappen vorgesehen und dauert von 2017 bis 2023. Die Daten stehen jeweils ungefähr ein Jahr nach dem Flug zur Verfügung.



Zeitliche Planung für die Beschaffung von LiDAR-Daten (Änderungen vorbehalten)

1.5 Qualität und Genauigkeit

Die LiDAR-Technologie ermöglicht eine hohe Messgenauigkeit in allen 3 Dimensionen.

Lagegenauigkeit: +/- 20 cm (1 sigma)

Höhengengenauigkeit: +/- 10 cm (1 sigma)

Die Datenerfassung wird vorzugsweise in Zeitfenstern mit geringem Vegetationswachstum und Schneefreiheit durchgeführt. Am wichtigsten sind die Messdaten des Bodens (Klasse 2).

Die Klassifizierungsgenauigkeit ist schwer zu messen, wird aber auf 98% geschätzt. Das bedeutet, dass 98% der Messungen korrekt klassifiziert sind.

1.6 Klassifizierung

swissSURFACE^{3D} verwendet sechs verschiedene Klassen, um die Art des vermessenen Objektes zu beschreiben.

Klasse	Art des Objektes	Nomenklatur ASRPS*
1	Nicht klassifiziert und temporäre Objekte	«unclassified»
2	Boden	«ground»
3	Vegetation (tief – mittel – hoch)	«Low Vegetation»
6	Gebäude	«Building»
9	Wasser	«Water»
17	Brücken, Überführungen, Viadukte	«Bridge Deck»

* Amerikanische Gesellschaft für Fotogrammetrie und Fernerkundung (ASPRS)

Die **Klasse 1** umfasst alle Messungen, die nicht zu einer vordefinierten Klasse gehören. Darunter fallen alle oberirdischen Konstruktionen, die keine Gebäude sind – wie Mauern, Masten, Strassenlaternen oder Oberleitungen. Diese Klasse umfasst auch temporäre Objekte wie Fahrzeuge oder Kräne. Es ist wichtig, diese Klasse nicht mit dem Rauschen zu verwechseln. Das Rauschen entsteht durch Ungenauigkeiten bei Messungen und stellt keine vorhandenen Objekte dar. Solche Fehler wurden aus dem Produkt swissSURFACE^{3D} entfernt.

Die **Klasse 2** umfasst alle Punkte, die vegetationsfreien Boden ohne Gebäude messen. Zu dieser Klasse gehören auch bebaute Flächen auf Grundebene wie Strassen, Parkplätze (im Freien und unbedeckt) oder Plätze. Auch Felsblöcken gehören zu dieser Klasse.

Die **Klasse 3** umfasst alle Vegetationshöhen (niedrig, mittel, hoch). Niedrige Vegetation (bis ca. 2 m über Grund) ist schwer zu klassifizieren und kann daher falsch klassifizierte Objekte aus anderen Klassen enthalten.

Die **Klasse 6** umfasst die Dächer und Fassaden von Gebäuden. Die Punktdichte an den Fassaden ist jedoch aufgrund der luftgestützten Datenerfassung begrenzt.

Die **Klasse 9** umfasst alle Messungen von Oberflächengewässern (Seen und Flüsse). Da die Reflexion der Laserimpulse auf dem Wasser sehr gering ist, sind diese Objekte leider nicht gut modelliert.

Die **Klasse 17** umfasst alle Punkte, die Brückendecken, Überführungen und Viadukte messen.

1.7 Datenformate

swissSURFACE^{3D} steht in vier Standardausgabeformaten zur Verfügung. Für alle Formate werden die Daten in Kacheln von 1 km² geliefert. Jede Kachel ist in einer komprimierten ZIP-Datei enthalten.

LAS 1.2

Das LAS-Format ist für diese Daten das geeignetste und am meisten verbreitete Datenformat. Es wurde von der Amerikanischen Gesellschaft für Fotogrammetrie und Fernerkundung (ASPRS) als freizugängliches Format entwickelt und ist äusserst effizient in der Bewältigung von grossen Datenvolumen. Die spezifischen Informationen der LiDAR-Punkte bleiben enthalten.

Dank der binären Datenverwaltung bietet LAS eine sehr hohe Lese- und Schreibgeschwindigkeit. Die XYZ-Koordinaten der Messpunkte werden durch die Verwendung eines Verschiebungsvektors und von Skalierungsfaktoren auf ein Minimum reduziert. Die Dateigrösse bleibt damit möglichst klein.

Zusätzlich zur Position der Punkte speichert das LAS-Format auch alle wichtigen LiDAR-spezifischen Informationen. So steht beispielsweise die vordefinierte Klassifizierung mit den verschiedenen Klassen und den zugehörigen Codes zur Verfügung.

CSV - ASCII X_Coordinates; Y_Coordinates; Z_Coordinates; Class;MJD_Time

Nur auf Anfrage, Bereitstellungskosten werden fällig

Das ASCII-Format wird als CSV-Datei geliefert. Es enthält jedoch nicht so viele Informationen wie das LAS-Format und ist langsamer beim Lesen/Schreiben. Es werden nur die XYZ-Koordinaten sowie die Klassennummer und das Erhebungsdatum im Format «Modified Julian Day (MJD)» erfasst.

```
X_Coordinates;Y_Coordinates;Z_Coordinates;Class; MJD_Time
2732044.81;1279979.34;395.59;9;58079.50455
2732010.79;1279985.67;395.63;9;58079.50455
2732017.42;1279983.99;395.67;9;58079.50455
2732042.05;1279977.79;395.64;9;58079.50455
2732022.22;1279981.60;395.68;9;58079.50455
2732055.06;1279972.24;395.65;9;58079.50456
2732024.98;1279979.24;395.64;9;58079.50456
2732037.57;1279976.06;395.61;9;58079.50456
2732061.40;1279969.50;395.67;9;58079.50456
2732000.50;1279983.70;395.63;9;58079.50456
2732024.03;1279977.18;395.69;9;58079.50456
2732000.32;1279981.41;395.62;9;58079.50456
```

Aufbau der Datenstruktur einer CSV-Datei

Die Textdateien enthalten eine Kopfzeile, die die verschiedenen Informationsfelder benennt. Jede Zeile (nach der Kopfzeile) entspricht einer Messung. Die Felder werden durch einen Strichpunkt getrennt.

1.8 Punktdichte und Datenvolumen

Die minimale Punktdichte beträgt 5 Punkte/m². Da die Messungen im Raum sehr heterogen sind, liegt die durchschnittliche Punktdichte aber zwischen 15 und 20 Punkten/m².

Bei einer Punktdichte von 17 Punkten/m² beträgt das Datenvolumen pro km² im LAS-Format zirka 450 MB und im CSV-Format zirka 750 MB.

1.9 Koordinatensystem

swissSURFACE^{3D} wird standardmässig nur im Koordinatensystem LV95/LN02 geliefert. Die Verfügbarkeit in anderen Referenzsystemen wird auf Anfrage geprüft.

1.10 Metadaten

Obwohl alle Metadaten pro Kachel in den LAS-Dateien vorhanden sind, werden die wichtigsten (Anzahl Punkte, Punktdichte, Anzahl Punkte pro Klasse, Erfassungsdatum usw.) zusätzlich in einem Shapefile (Geometrie der Kacheln) bereitgestellt.

1.11 Einsatzbereiche

Mit einer Punktdichte von mehreren Punkten pro Quadratmeter, einer Höhengenaugkeit von 10 cm und einer hohen Erfassungsgeschwindigkeit, ist das flugzeuggestützte Laserscanning eines der leistungsfähigsten Verfahren für die Ermittlung der Topografie in unserer Umgebung. Diese Daten werden hauptsächlich für die folgenden Anwendungen genutzt:

- Automatische 3D-Modellierung von Gebäuden und anderen Landschaftsobjekten
- Walderhebungen: Baumhöhe, -breite und -neigung, Holzschlagkarten und -planung, Biomassenberechnung, digitale Kronenmodelle
- 3D-Modellierung von Objekten unter der Vegetationsdecke wie Waldstrassen oder Wasserläufe
- Monitoring von Freileitungen (Kabel, Hochspannungsleitungen)

- Erstellung von digitalen Terrainmodellen
- Erstellung von digitalen Oberflächenmodellen
- Sichtbarkeitsanalyse

2 Datenbezug

2.1 Bezug und Auskunft

swissSURFACE^{3D} kann einfach auf der [Produkteseite](#) heruntergeladen werden. Durch die Eingabe verschiedener Parameter (Perimeter, Auflösung, Format) wird die gewünschte Variante definiert.

Für Auskünfte stehen Ihnen die Mitarbeiter der Geodatenabgabe (geodata@swisstopo.ch) gerne zur Verfügung.

2.2 Preis

swissSURFACE^{3D} ist ein Geobasisdatensatz des Bundes und steht somit den Nutzern kostenfrei zur Verfügung, sofern es in den online angebotenen Varianten selbstständig heruntergeladen wird. Spezialvarianten können auf Anfrage ebenfalls zur Verfügung gestellt werden, in diesen Fällen wird aber eine Dienstleistungsgebühr erhoben.

2.3 Nutzungsbedingungen

Die Geodaten von swisstopo werden mit Nutzungsbedingungen abgegeben, welche den gesetzlichen Grundlagen entsprechen. Die Nutzungsbedingungen erlauben eine freie Nutzung für alle Zwecke und verpflichten die Nutzenden lediglich zur Quellenangabe «Quelle: Bundesamt für Landestopografie swisstopo» oder «© swisstopo».

Weitere Angaben zu den Nutzungsbedingungen finden Sie auf der [Internetseite](#) von swisstopo.

2.4 Lieferung

Die Daten können vom Kunden entweder direkt per Download (online) bezogen oder als Auslieferung auf einem Datenträger bestellt werden. Bei der Auslieferung auf einem Datenträger werden Bereitstellungskosten verrechnet.

3 Produktion

3.1 Ausgangslage

swisstopo beauftragt private Unternehmen mit der Erfassung und Klassifizierung der LiDAR-Daten. Die sechs Mandate für die Datenerfassung der sechs verschiedenen Regionen werden im Rahmen eines WTO-Vergabeverfahrens vergeben.

Wenn swisstopo Daten von Dritten erhält, wird eine strenge Qualitätskontrolle durchgeführt. Entspricht die Qualität den Anforderungen, werden diese in swissSURFACE^{3D} integriert.

Die von kantonalen Behörden erfassten LiDAR-Daten können gebietsweise ebenfalls in swissSURFACE^{3D} integriert werden.

3.2 LiDAR-Datenbeschaffung

Obwohl die beauftragten Unternehmen LiDAR-Daten auf leicht unterschiedliche Weise produzieren können, werden nachfolgend die wichtigsten Produktionsschritte kurz beschrieben.

LiDAR-Technologie

Das LiDAR-System (aus dem Englischen *Light Detection And Ranging*) ist mit einem Sender sowie einem Lichtsensor ausgestattet und dient der Laser-Entfernungsmessung. Die verwendeten Wellenlängen liegen im unsichtbaren Spektralbereich und sind somit für das menschliche Auge nicht erkennbar. Die ausgesendeten Laserimpulse werden von der Umgebung reflektiert und vom System wieder registriert. Anhand der Zeitspanne, welche die Impulse für den Hin- und Rückweg benötigen, wird die zurückgelegte Distanz berechnet.

Beschaffung

Bei der luftgestützten LiDAR-Erfassung tastet der Laserscanner das Gebiet senkrecht zur Flugrichtung ab. Die Flugroute wird so gewählt, dass ein bestimmter Gebietsstreifen vermessen werden kann. Mehrere solche Streifen zusammen decken dann einen grösseren Bereich ab. Eine Überlappung zwischen diesen ist notwendig, um Lücken zu vermeiden und die gewünschte Messdichte zu erreichen.

Direkte Georeferenzierung

Bei der Lasergrammetrie wird einzig die Position des LiDAR-Systems im Flug verwendet. Die Position im Raum (XYZ) wird mit GNSS und die Winkelposition (Roll-, Nick- und Gierwinkel) mit der inertialen Messeinheit gemessen. Diese Art von Georeferenzierung wird «direkt» genannt, weil dafür keine weiteren Bodenpasspunkte notwendig sind, was wiederum die Datenproduktion beschleunigt.

Klassifizierung

Jeder Punkt ist einer vordefinierten Klasse zugeordnet, welche Informationen über die Art des vermessenen Objekts liefert. Bei der Klassifizierung können auch Fehler erkannt und entfernt werden. Ein Grossteil dieser Klassifizierung erfolgt automatisch mit Algorithmen, welche die Geometrie der Punktwolke und die Intensität der Laserimpulse analysieren. Der Rest der Klassifizierung sowie die Kontrolle der automatischen Prozesse erfolgt manuell hauptsächlich anhand von Luftbildern und anderen Geodaten.

3.3 Qualitätskontrolle

Flächendeckung und Vollständigkeit

Es wird überprüft, ob die Daten die gesamte im Mandat genannte Fläche abdecken und keine Dateien beschädigt sind.

Punktdichte

Es wird überprüft, ob die Punktdichte pro Quadratmeter eingehalten wird. Die Punktdichte der Klasse 2 (Boden) wird dabei separat untersucht, da eine der internen Hauptanwendungen dieser Daten die Erstellung von Geländemodellen ist.

Höhengenaugigkeit

Es wird überprüft, ob die Genauigkeit der Z-Koordinate eingehalten wird. Es werden dabei die Passpunkte (Referenzpunkte) für die Aerotriangulation von swisstopo-Luftbildern verwendet.

Lagegenauigkeit

Es wird überprüft, ob die Genauigkeit der X- und Y-Koordinaten eingehalten wird. Es wird der Dachfirst der 3D-Vektordaten von swissBUILDINGS^{3D} 2.0 von swisstopo verwendet.

Kalibrierung und Kohärenz

Es wird überprüft, ob das Messsystem korrekt kalibriert ist. Diese Kontrolle erfolgt durch die Messung der Höhenmeterunterschiede auf den Dächern zwischen Daten verschiedener Fluglinien.

Lücken

Es wird überprüft, ob im Datensatz Lücken vorkommen. Diese Kontrolle erfolgt über alle Klassen hinweg. Ein besonderes Augenmerk wird auf Flächen unter der Vegetationsdecke gerichtet.

Klassifizierung

Es wird überprüft, ob die Punkteklassifizierung richtig ist. Dazu werden die 3D-Vektordaten der swisstopo-Produkte swissTLM^{3D} und swissBUILDINGS^{3D} 2.0 benutzt.

DTM

Es wird die Darstellung der Reliefschattierung des DTM überprüft. Ein Geländemodell als Reliefschattierung wird anhand der Punkte aus der Klasse 2 (Boden) berechnet.

DOM

Es wird die Darstellung der Reliefschattierung des DOM überprüft. Für die Berechnung eines Oberflächenmodells als Reliefschattierung werden die Punkte der Klassen 2 (Boden), 3 (Vegetation), 6 (Gebäude), 9 (Wasser) und 17 (Brücken) verwendet.

3.4 Nachführung

Nach der vollständigen Datenerfassung (vorgesehen bis Ende 2023) sind keine Aktualisierungen von swissSURFACE^{3D} geplant.

3.5 Einschränkungen bei der Herstellung von swissSURFACE^{3D}

Heterogene Datenformate

Die LiDAR-Daten von swissSURFACE^{3D} sind naturgemäss unregelmässig im Raum verteilt. So können beispielsweise einige Kacheln je nach Konfiguration des Gebietes viel mehr Punkte enthalten als andere. Diese Heterogenität wird noch verstärkt durch die Tatsache, dass die Daten für swissSURFACE^{3D} von mehreren externen Unternehmen erfasst werden, die möglicherweise leicht unterschiedliche Produktionsprozesse aufweisen.

Unterschiedliche Erfassungszeitpunkte

Unterschiedliche Erfassungszeitpunkte können bei swissSURFACE^{3D} zu Abweichungen (Anzahl Punkte, Geometrie und Klassifizierung) führen. Zwischen zwei Datenbeschaffungszeitpunkten kann sich beispielsweise der Zustand der Vegetation (Datenerfassung bei möglichst geringer Vegetationsentwicklung) oder der Schneedecke (Datenerfassung wenn möglich schneefrei) verändern. Natürliche (Waldentwicklung, natürliche Entwaldung, Erdbeben usw.) oder künstliche (Neubauten, Rückbauten, Abholzung usw.) Veränderungen sind zwischen zwei Aufzeichnungen ebenfalls möglich.

Klassifizierung

Obwohl die Klassifizierung in swissSURFACE^{3D} eine sehr hohe Qualität aufweist, ist es unmöglich, alle Punkte zu kontrollieren. Deshalb kann nicht ausgeschlossen werden, dass vereinzelt Punkte einer falschen Klasse zugeteilt und einige Objekte falsch klassifiziert wurden.